

ciales, clientes, gerentes del proyecto e ingenieros del hardware son buenos candidatos para participar de esta reunión.

Los participantes se preparan para la jornada revisando todo lo que saben sobre el proyecto: su correspondencia, diagramas de gestión del proyecto, información del estudio, datos de medición y cualquier otra cosa que pueda tener influencia en los eventos del proyecto. La primera actividad formal de un día de historia de proyecto es una revisión de un juego de diagramas de previsibilidad del cronograma, como el mostrado en Figura 12.8. Para cada hito importante del proyecto, el mapa muestra la predicción hecha sobre el momento de realización del hito, comparada con la fecha misma de realización del hito. Por ejemplo, en la figura, en julio de 1995, alguien predijo que el hito se alcanzaría en enero de 1997. Esa predicción era la misma en enero de 1996, pero cuando el tiempo fue acercándose a 1997 de enero, la predicción del cronograma se deslizó a julio de 1997. Entonces, en julio de 1997, cuando el hito no fue alcanzado, se predijo que sería alcanzado en enero de 1998. Finalmente, el hito se concretó de hecho en enero de 1998. La forma del diagrama de previsibilidad del cronograma es indicativa del optimismo o pesimismo en las estimaciones y nos ayuda a entender la necesidad de estimar con más precisión. La situación ideal queda representada por una línea horizontal.

Los diagramas de previsibilidad del cronograma pueden usarse como explicaciones, mostrando dónde ocurrieron los problemas. Incitan a la discusión sobre las posibles causas de cada problema y el foco del equipo está en identificar una lista exhaustiva de causas. Entonces, usando datos objetivos como respaldo para cada argumento, el equipo depura y reduce cada lista de causas hasta sentir cómodamente que entiende exactamente por qué ocurrió un problema. Collier, DeMarco y Fearey (1996) informan que a veces la lista inicial de causas puede alcanzar 100 artículos y que analizar lo que realmente pasó puede tomar varias horas. Al finalizar el día de historia del proyecto, el equipo tiene una lista priorizada de las relaciones causales que rondan unas 20 causas raíz aproximadamente.

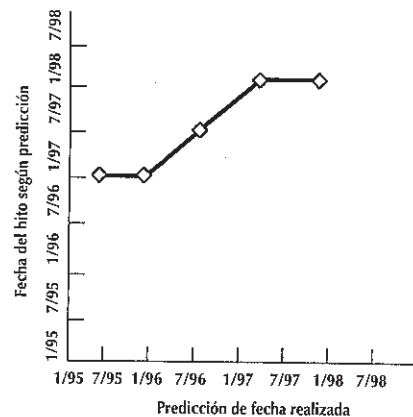


Figura 12.8. Diagrama de previsibilidad de cronograma.

Publicación de los resultados. El paso final es compartir estos descubrimientos con el resto del equipo de proyecto. En lugar de celebrar otra reunión, los participantes en el día de historia del proyecto escriben una carta abierta a gerentes, pares y otros desarrolladores. La carta consta de cuatro partes. La introducción es una descripción del proyecto que explica el tipo general de proyecto y cualquier información acerca de si éste era único o por qué lo era. Por ejemplo, la carta puede explicar que el proyecto involucraba la construcción de un sistema de facturación para una compañía de telecomunicaciones muy conocida. Pero este proyecto particular usó el lenguaje Eiffel por primera vez, en conjunto con herramientas de asistencia para el diseño orientado a objetos.

Luego, la carta resume todos los resultados positivos observados en el análisis *post mortem*. Los resultados pueden describir no sólo lo que fue bien realizado, sino también lo que puede ser usado por otros proyectos en el futuro. Por ejemplo, el proyecto puede haber producido código reutilizable, nuevas herramientas o un conjunto de sugerencias prácticas para el uso exitoso de Eiffel que puede ser útil para desarrollos similares subsiguientes.

La carta resume después los tres peores factores que impidieron que el equipo alcanzara sus metas. Normalmente, estos factores son los tres primeros rubros en la lista de causas raíz priorizada que fuera creada durante el día de historia de proyecto.

Finalmente, la carta sugiere las actividades de mejora. Collier, DeMarco y Fearey (1996) sugieren que el equipo seleccione un problema que resulte tan importante que deba solucionarse antes comenzar a trabajar en otro proyecto. La carta debe describir el problema claramente y obligar a pensar en cómo arreglarlo. La descripción del problema y de la solución deben tener el respaldo de mediciones objetivas, para que los diseñadores puedan evaluar la magnitud del problema y rastrear los cambios a medida que las cosas mejoran.

Arango, Schoen y Pettengill (1993) ofrecen un enfoque más amplio para publicar los resultados del análisis *post mortem*. En su trabajo para Schlumberger, ellos han estado considerando la posibilidad de reutilizar todo un proyecto, incluyendo las lecciones aprendidas. Los investigadores de Schlumberger han desarrollado una tecnología llamada libros de proyecto y libros de tecnología, accesibles para otros diseñadores en otros proyectos, de modo que se comparten las experiencias, las herramientas, los diseños, los datos, las ideas y todo lo que podría serle útil a alguien más en la compañía. Usando una tecnología como la descrita, se puede aprender de los demás y mejorar con cada proyecto, en lugar de continuar cometiendo los mismos errores y maravillarse del porqué una y otra vez.

Modelos de madurez del proceso

En los años ochenta, estimuladas por el trabajo realizado en IBM, varias organizaciones empezaron a examinar el proceso de desarrollo del software como un todo, en lugar del enfocar las actividades individuales. Varios investigadores hicieron los esfuerzos para caracterizar qué es lo que hace efectivo a un proceso. A partir de este trabajo creció la noción de **madurez del proceso**, donde el proceso de desarrollo incorpora la realimentación y los mecanismos de control para que sus productos de calidad superior se produzcan a tiempo con pocas sorpresas para la gerencia.

Modelo de madurez de la capacidad. El CMM (*Capability Maturity Model*, modelo de madurez de la capacidad) fue desarrollado por el Instituto de Ingeniería del Software (SEI) para respaldar al Departamento de Defensa estadounidense en la evaluación de la calidad de sus contratistas. El CMM fue inspirado por el trabajo de Deming (1989); tuvo su comienzo como **modelo de madurez de proceso**, donde una organización se categorizaba según una escala ordinal de 1 (bajo) a 5 (alto), basándose en las respuestas a 110 preguntas sobre su proceso de desarrollo. La Figura 12.9 resume la evolución desde el nivel de madurez más bajo al más alto.

La Tabla 12.10 presenta las 12 cuestiones exigidas para una valoración de nivel 2 (repetible); si cualquiera de estas preguntas recibiera un "no" como respuesta, entonces la organización se evaluaría automáticamente como de nivel 1, sin tener en cuenta las respuestas a las restantes 98 preguntas.

Como había muchos problemas con este enfoque, se creó y desarrolló CMM para ocuparse de ellos y reemplazar el modelo de madurez de proceso. Sin embargo, muchos de los principios básicos del enfoque original de madurez de proceso todavía permanecen: el CMM usa una encuesta para evaluar la madurez de un proyecto de desarrollo, complementa el cuestionario con pedidos de evidencias para verificar las respuestas y genera una valoración sobre una escala de cinco puntos. Es decir, CMM describe los principios y prácticas que se supone que conducen a buenos productos de software y el modelo los organiza en cinco niveles, proporcionando un camino para una mayor visibilidad y control del proceso y para los productos mejorados que deben resultar. El modelo se usa de dos maneras: por los clientes potenciales, para identificar las fuerzas y debilidades de sus proveedores, y por los mismos desarrolladores del software, para evaluar sus capacidades y establecer un camino hacia la mejora.

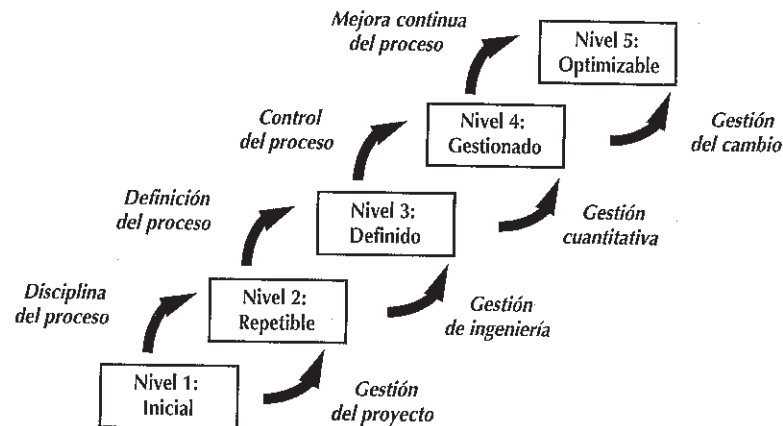


Figura 12.9. Niveles de madurez, según el Instituto de Ingeniería del Software (SEI).

TABLA 12.10
PREGUNTAS REQUERIDAS EN EL NIVEL 1 DEL MODELO DE MADUREZ DE PROCESO

Número de pregunta	Pregunta
1.1.3	¿Tiene la función de Aseguramiento de Calidad del Software un canal de gestión de comunicación separado del de gestión del proyecto de desarrollo del software?
1.1.6	¿Existe una función de control de configuración del software para cada proyecto que involucra desarrollo de software?
2.1.3	¿Se utiliza un proceso formal en la revisión de la gestión de cada desarrollo de software previo a la concreción de los compromisos contractuales?
2.1.14	¿Se utiliza un procedimiento formal para realizar estimaciones del tamaño del software?
2.1.15	¿Se utiliza un procedimiento formal para elaborar los cronogramas de desarrollo del software?
2.1.16	¿Se aplican procedimientos formales para estimar el costo de desarrollo del software?
2.2.2	¿Se mantienen perfiles de tamaño del software con el tiempo para cada ítem de la configuración del software?
2.2.4	¿Se recopilan estadísticas sobre los errores del código y de la prueba del software?
2.4.1	¿La gerencia senior posee un mecanismo normal para la revisión normal del estado de los proyectos de desarrollo de software?
2.4.7	¿Los gerentes de primera línea para el desarrollo del software firman sus cronogramas y estimaciones de costos?
2.4.9	¿Se utiliza algún mecanismo para controlar los cambios a los requerimientos del software?
2.4.17	¿Se utiliza algún mecanismo para controlar los cambios al código?

Cada uno de los cinco niveles de capacidad está asociado con un conjunto de áreas claves del proceso que una organización debe enfocar como parte de sus actividades de mejora. El primer nivel del modelo de madurez, **inicial**, describe un proceso de desarrollo de software que es *ad hoc* o incluso caótico. Es decir, las entradas al proceso están deficientemente definidas; donde los resultados se esperan, la transición de las entradas a las salidas es indefinida y descontrolada. Los proyectos similares pueden variar ampliamente en su productividad y características de calidad debido a la falta de estructura adecuada y de control. Para este nivel de madurez del proceso, es incluso difícil describir o representar el proceso global; el proceso es tan reactivo y mal definido que esa visibilidad es nula y la medición que comprenda los aspectos relevantes se torna muy difícil. El proyecto puede tener metas relacionadas con la mejora de la calidad y la productividad, pero los gerentes no conocen los niveles actuales de calidad y productividad.

Como se muestra en la Tabla 12.11, no hay ningún área clave de proceso a este nivel. Se definen pocos procesos, y el éxito del desarrollo depende de los esfuerzos individuales y no de los logros del equipo. Una organización que se encuentra en el nivel 1 debe concentrarse en imponer más estructura y control al proceso, en parte para habilitar mediciones más significativas.

TABLA 12.11
ÁREAS CLAVES DE PROCESO EN CMM (PAULK ET AL. 1993 A, B)

Nivel CMM	Áreas claves de proceso
Inicial	Ninguna
Repetible	Gestión de requerimientos Planificación de proyectos de software Seguimiento y supervisión de proyectos de software Gestión de los subcontratos de software Aseguramiento de la calidad del software
Definido	Gestión de configuración del software Enfoque de los procesos de la organización Definición de los procesos de la organización Programa de entrenamiento Gestión de software integrada Ingeniería de productos de software Coordinación entre grupos Revisiones entre pares
Gestionado	Gestión cuantitativa del proceso Gestión de calidad del software
Optimizable	Prevención de defectos Gestión del cambio tecnológico Gestión del proceso de cambio

El próximo nivel es **repetible**, donde se identifican las entradas y salidas del proceso, las restricciones (como el presupuesto y el cronograma) y los recursos usados para generar el producto final. Los procesos básicos de dirección del proyecto rastrean el costo, el cronograma y la funcionalidad. Existe algo de disciplina entre los miembros del equipo, por lo que pueden repetirse los éxitos obtenidos en proyectos anteriores siempre que los nuevos proyectos sean similares a aquellos. Aquí, las áreas claves del proceso son principalmente las actividades de dirección que ayudan a entender y controlar las acciones y resultados del proceso.

El proceso es repetible en el mismo sentido que un subprograma es repetible: las entradas apropiadas producen las salidas apropiadas, pero no hay visibilidad en cuanto a cómo se produ-

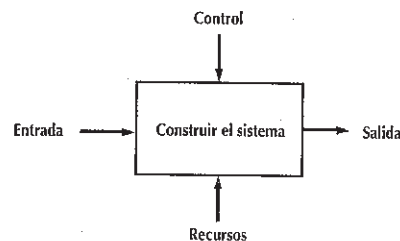


Figura 12.10. Un proceso repetible (nivel 2).

cen las salidas. Si los miembros del equipo de desarrollo son convocados para definir y describir el proceso, no pueden dibujar más que un diagrama similar al de la Figura 12.10. Esta figura muestra un proceso repetible como un diagrama simplificado de Análisis Estructurado y Técnica de Diseño (SADT: *Structured Analysis and Design Technique*), con la entrada a la izquierda, la salida a la derecha, las restricciones en la parte superior y los recursos en la parte inferior. Por ejemplo, los requerimientos pueden ser la entrada al proceso, con el sistema de software como salida. Las flechas de control representan aspectos tales como el cronograma y presupuesto, normas y directivas de gestión, y las flechas de recursos pueden incluir herramientas y personal.

Dado que sólo es posible medir lo que es visible, la Figura 12.10 sugiere que las medidas de la gestión del proyecto son las que dan mayor sentido para un proceso repetible. Es decir, debido a que todo lo que es visible son las flechas, se pueden asociar medidas con cada flecha en el diagrama del proceso. Así, para un proceso repetible, las medidas de la entrada podrían incluir el tamaño y volatilidad de los requerimientos. La salida puede medirse en términos de tamaño del sistema (funcional o físico), los recursos como el esfuerzo global del personal y las restricciones como el costo y el cronograma, en valor monetario y días, respectivamente.

Mejorar un proceso repetible conduce a un proceso **definido** donde las actividades de gestión e ingeniería se documentan, se normalizan y se integran; el resultado es un proceso estandarizado para todos en la organización. Como algunos proyectos pueden diferir de otros, el proceso estándar se adapta a estas necesidades especiales y dicha adaptación debe estar aprobada por la dirección. En este nivel de madurez, las áreas claves del proceso tienen un enfoque organizacional.

El nivel definido de madurez (nivel 3) difiere del nivel 2 en que un proceso definido proporciona visibilidad hacia el interior de la caja "construir el sistema", de la Figura 12.10. En el nivel 3, se definen las actividades intermedias cuyas entradas y salidas son conocidas y entendidas. Estas estructuras adicionales significan que la entrada y la salida de las actividades intermedias pueden examinarse, medirse y evaluarse, de modo que estos productos intermedios resultan bien definidos y visibles. La Figura 12.11 muestra un ejemplo simple de un proceso definido con tres actividades típicas. Sin embargo, pueden dividirse los procesos diferentes en más funciones o actividades distintas.

Los atributos del producto se pueden medir recién en el nivel 3, debido a que en un proceso definido las actividades están delineadas y se distinguen entre sí. Los defectos descubiertos en cada tipo de producto pueden rastrearse y es posible comparar la densidad de defectos de cada

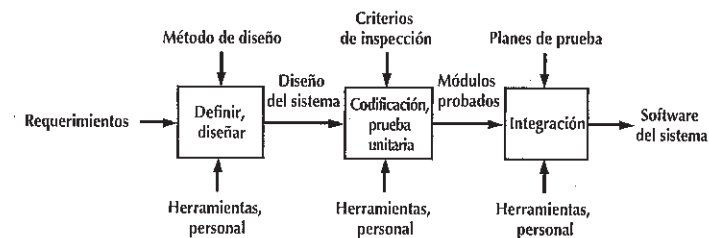


Figura 12.11. Un proceso definido (nivel 3).

producto con los valores planeados o esperados. En particular, las medidas tempranas del producto pueden ser indicadores útiles de medidas del producto en estadios más avanzados. Por ejemplo, se puede medir la calidad de los requerimientos o el diseño y utilizar esa medida para predecir la calidad del código. Estas mediciones usan la visibilidad en el proceso para proporcionar un mayor control sobre el desarrollo: si la calidad de los requerimientos es poco satisfactoria, se puede "gastar" un trabajo adicional sobre los requerimientos antes de dar comienzo a la actividad de diseño. Esta corrección temprana de los problemas no sólo ayuda para controlar la calidad, sino también para mejorar la productividad y reducir el riesgo.

En un proceso **dirigido**, se orientan los esfuerzos a la calidad del producto. Al introducir medidas detalladas de proceso y calidad del producto, la organización puede concentrarse en usar información cuantitativa para hacer visibles los problemas y evaluar el efecto de las posibles soluciones. Por lo tanto, las áreas claves del proceso se ocupan de la gestión cuantitativa del software así como de la gestión de calidad del software.

Como se muestra en la Figura 12.12, se puede usar la retroalimentación desde las actividades tempranas del proyecto (por ejemplo, las áreas de problema descubiertas en el diseño) para establecer las prioridades de las actividades actuales (por ejemplo, rediseñar), y las actividades del proyecto más tardías (por ejemplo, la revisión más extensa, la prueba de cierto código o un cambio en la secuencia de integración). Dado que es posible comparar y contrastar, los efectos de cambios en una actividad pueden rastrearse en las demás. Para el nivel 4, la retroalimentación determina cómo se distribuyen los recursos, pero las actividades básicas en sí mismas no sufren cambios. A este nivel, se puede evaluar la efectividad de las actividades del proceso: ¿Cuán eficaces son las revisiones? ¿La gestión de configuración? ¿El aseguramiento de la calidad? ¿La prueba dirigida de defectos? Es posible usar las medidas recopiladas para estabilizar el proceso, de manera que la productividad y la calidad se encuadren dentro de las expectativas.

Una diferencia significativa entre los niveles 3 y 4 es que en el nivel 4 las medidas reflejan características del proceso global y de la interacción entre y a través de las actividades mayores. La supervisión de la dirección confía en una base de datos de métricas que puede proporcionar la información sobre características tales como la distribución de defectos, productividad y efectivi-

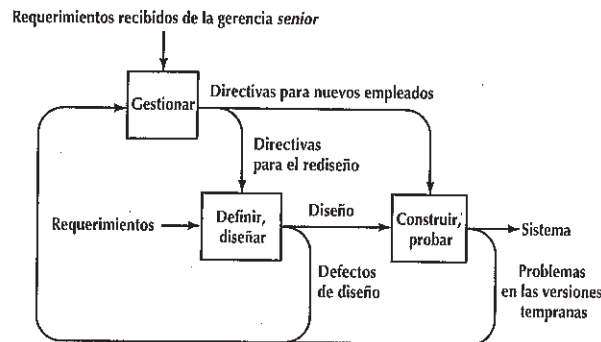


Figura 12.12. Un proceso dirigido (nivel 4).

dad de tareas, asignación de recursos y la probabilidad de que los valores reales concuerden con los planificados.

El nivel más deseable de madurez de capacidad es el de **optimización**, donde la retroalimentación cuantitativa está incorporada en el proceso para producir la mejora continua de éste. En particular, se prueban nuevas herramientas y técnicas y se supervisan para determinar cómo afectan al proceso y los productos. Las áreas del proceso importantes incluyen prevención de defectos, gestión del cambio de tecnología y del cambio de proceso.

Para entender exactamente cómo el nivel 5 mejora sobre el nivel 4, consideremos la Figura 12.13. La serie de cajas en cascada indica una progresión de procesos, etiquetados T_0, T_1, \dots, T_n .

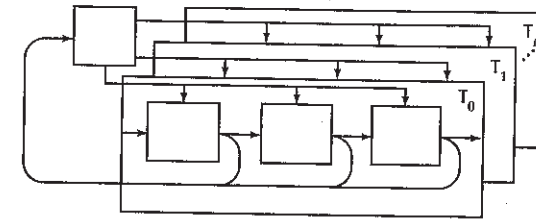


Figura 12.13. Un proceso optimizable (nivel 5).

para indicar que la primera caja es el proceso usado en el instante T_0 , que el segundo proceso se usa en el instante T_1 y así sucesivamente. En un momento dado del tiempo, se usan las medidas de las actividades para mejorar el proceso actual, posiblemente quitando y agregando actividades al proceso y cambiando dinámicamente su estructura en respuesta a la retroalimentación proporcionada por la medida; el resultado es el movimiento al próximo proceso en el diagrama. Por lo tanto, el cambio del proceso puede afectar a la organización y al proyecto tanto como al proceso mismo. Los resultados de uno o más proyectos completados o en curso también pueden derivar en un proceso de desarrollo refinado diferente para los futuros proyectos. El modelo en espiral es un ejemplo de proceso cambiante en forma dinámica, que responde a la retroalimentación desde sus actividades tempranas para reducir el riesgo en las más tardías.

Por ejemplo, supongamos que se ha empezado el desarrollo con un enfoque en cascada estándar. Cuando se definen los requerimientos y comienza el diseño, las mediciones y la realimentación verbal pueden indicar un alto grado de incertidumbre en los requerimientos. Con esta información como base se puede decidir cambiar el proceso y pasar a uno que genere prototipos de los requerimientos y el diseño, para que parte de la incertidumbre pueda resolverse antes de hacer la inversión sustancial en la implementación del diseño actual. De esta manera, la capacidad de perfeccionar el proceso otorga una flexibilidad máxima en el desarrollo. Las medidas actúan como si fueran sensores y monitores, y el proceso no sólo está bajo control sino que también puede cambiar significativamente en respuesta a señales de advertencia.

Es importante recordar que la madurez de la capacidad no involucra un conjunto discreto de cinco posibles valoraciones. En cambio, la madurez representa ubicaciones relativas en un con-

tinuo de 1 a 5. Un proceso individual es valorado o evaluado a lo largo de muchas dimensiones, y algunas partes del proceso pueden ser más maduras o visibles que otras. Por ejemplo, un proceso repetible puede no tener bien definidas las actividades intermedias, pero la actividad de diseño puede de hecho estar claramente definida y dirigida. Los diagramas de visibilidad de proceso presentados aquí sólo sirven para representar los procesos típicos de manera general. Es esencial examinar cada proceso y determinar qué es lo visible. Las figuras y tablas no deben proscribir actividades, porque simplemente el nivel de madurez global es un entero particular; si una parte de un proceso es más maduro que el resto, es posible que una actividad o una herramienta puedan reforzar la visibilidad de esa parte y contribuir a alcanzar las metas globales del proyecto, mientras al mismo tiempo se trata de llevar el resto del proceso a un nivel más alto de madurez. Así, en un proceso repetible con una actividad de diseño bien definida, las métricas de calidad de diseño pueden ser las apropiadas y deseables, aunque en general no se las indica para el nivel 2.

Además CMM tiene otro nivel de granularidad, que no se muestra en la tabla: cada área del proceso comprende un conjunto de prácticas claves, cuya presencia indica que el desarrollador ha implementado y ha institucionalizado el área del proceso. Se supone que las prácticas claves proporcionan la evidencia de que el área del proceso es eficaz, repetible y duradera (Paulk *et al.* 1993b).

Las prácticas claves están organizadas por estas características comunes:

El compromiso de realizar: ¿Qué acciones aseguran que el proceso se establece y continuará siendo usado? Esta categoría incluye políticas y prácticas de liderazgo.

La habilidad de realizar: ¿Qué condiciones previas aseguran que la organización es capaz de llevar a cabo el proceso? Las prácticas aquí se ocupan de recursos, entrenamiento, orientación, herramientas y estructura organizacional.

Las actividades realizadas: ¿Qué papeles y procedimientos son necesarios para implementar un área clave del proceso? Esta categoría incluye las prácticas sobre planos, procedimientos, trabajo realizado, acción correctiva y rastreo o seguimiento.

Mediciones y análisis: ¿Qué procedimientos miden el proceso y analizan las medidas? Las prácticas en esta categoría incluyen la medición y el análisis del proceso.

Verificación de la aplicación: ¿Qué asegura que las actividades obedecen el proceso establecido? Las prácticas incluyen revisiones por la dirección y auditorías.

Se dice que una organización satisface un área clave del proceso solamente cuando el área de proceso está implementada e institucionalizada. La implementación está determinada por las respuestas a las preguntas sobre las actividades realizadas; las demás prácticas se ocupan de la institucionalización.

SPICE. El CMM derivó en una proliferación de métodos de valoración de procesos, desde Trillium (producido por compañías de telecomunicaciones canadienses) a BOOTSTRAP (una extensión del CMM desarrollada por un proyecto ESPRIT de la Comunidad Europea). Este crecimiento y la aplicación de técnicas de valoración de proceso a productos que eran comercialmente sensibles llevó al Ministerio de Defensa británico a proponer una norma internacional para la valoración de procesos (Rout 1995). Esta nueva norma, que se ocupa de la Mejora del Proceso de Software y Determinación de Capacidad y se denomina SPICE (a raíz de su sigla en inglés, de *Software Process Improvement and Capability Determination*), está pensada para armonizar y ex-

tender los enfoques existentes. SPICE es similar a CMM y se recomienda tanto para la mejora del proceso como para la determinación de capacidad. La estructura se construye sobre una arquitectura de valoración que define prácticas y procesos deseables.

Hay dos tipos diferentes de prácticas:

1. Las prácticas de base, que son actividades esenciales de un proceso específico.
2. Las prácticas genéricas, que institucionalizan o implementan un proceso de una manera general.

La Figura 12.14 muestra cómo la arquitectura de SPICE relaciona estas prácticas e incluye las valuaciones reales para cada una. El lado izquierdo del diagrama representa prácticas funcionales involucradas en el desarrollo del software. Esta vista funcional considera cinco actividades:

1. *Proporcionadas al cliente:* procesos que afectan al cliente directamente, el desarrollo del soporte y la entrega de los productos, y aseguran el funcionamiento y el uso correctos.
2. *Ingeniería:* procesos que especifican, implementan o mantienen el sistema y su documentación.

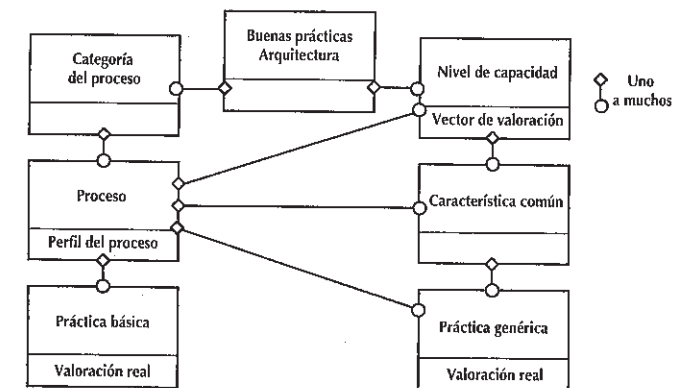


Figura 12.14. Arquitectura SPICE para evaluación de procesos (Rout 1995).

3. *Proyecto:* procesos que establecen el proyecto, coordinan o manejan los recursos, o proporcionan los servicios del cliente.
4. *Respaldo o soporte:* procesos que habilitan o respaldan la actuación de los demás.
5. *Organización:* procesos que establecen las metas comerciales y desarrollan los recursos para lograr esas metas.

La parte derecha de la Figura 12.14 muestra una representación de la gestión. Las prácticas genéricas, aplicables a todos los procesos, están organizadas en seis niveles de capacidad:

1. *No realizado*: presenta fallas en la realización y ausencia de subproductos identificables.
2. *Realizado informalmente*: no está planificado ni es rastreado, depende del conocimiento individual y de subproductos identificables.
3. *Planeado y rastreado*: está verificado según los procedimientos especificados, los subproductos conforman las normas especificadas y los requerimientos.
4. *Bien definido*: se trata de un proceso bien definido que usa versiones adaptadas y aprobadas de procesos estándar documentados.
5. *Controlado cuantitativamente*: utiliza mediciones detalladas del desempeño, capacidad de predicción, gestión objetiva y subproductos evaluados cuantitativamente.
6. *Mejorando continuamente*: tiene blancos cuantitativos para la efectividad y eficiencia, basados en las metas comerciales, realimentación cuantitativa de los procesos definidos, además de probar las nuevas ideas.

El informe de valoración es un perfil, donde cada área del proceso es evaluada e informada de modo que esté en uno de los seis niveles de capacidad. La Figura 12.15 es un ejemplo de cómo se informa el perfil. El sombreado indica el grado al que las actividades están satisfechas en cada nivel.

En definitiva, CMM se ocupa de las organizaciones y SPICE se ocupa de los procesos. Como en el caso de CMM, una valoración de SPICE se administra de una manera cuidadosamente prescrita, para minimizar la subjetividad en las valoraciones.

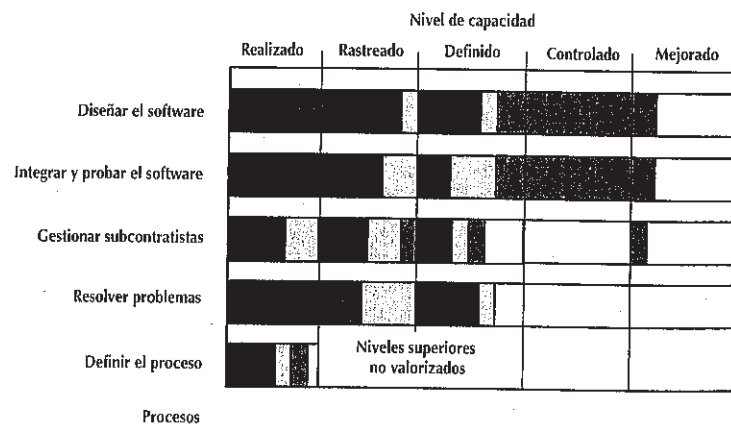


Figura 12.15. Perfil de evaluación SPICE (Rout 1995).

ISO 9000. La ISO (*International Standards Organization*, organización de estándares internacional) ha producido una serie de normas que en conjunto se conocen como ISO 9000. Las normas especifican acciones a ser tomadas cuando cualquier sistema (es decir, no necesariamente un sistema del software) tiene metas y restricciones de calidad. En particular, ISO 9000 se aplica cuando un comprador le exige a un proveedor que demuestre un determinado nivel de especialización diseñando y construyendo un producto. El comprador y el proveedor no necesariamente tienen que pertenecer a compañías diferentes; la relación incluso puede existir dentro de la misma organización.

Entre las normas ISO 9000, la más aplicable a la forma en que se desarrolla y mantiene el software es la norma ISO 9001 (*International Standards Organization* 1987). Esta explica lo que un comprador debe hacer para asegurar que el proveedor conforma los requerimientos del diseño, desarrollo, producción, instalación y mantenimiento. La Tabla 12.12 presenta un listado de las cláusulas de ISO 9001. Dado que ISO 9001 es bastante general, hay un documento separado, ISO 9000-3, que proporciona las pautas para la interpretación de ISO 9001 en un contexto de software (*International Standards Organization* 1990).

La cláusula 4.2 de ISO 9001 requiere que una organización tenga un sistema de calidad documentado, lo que incluye un manual de calidad, planes, procedimientos e instrucciones. ISO 9000-3 interpreta esta cláusula para el software, explicando cómo el sistema de calidad debe integrarse a lo largo del proceso de desarrollo del software. Por ejemplo, la cláusula 4.2.3 discute la calidad de la planificación a través de los proyectos y la cláusula 5.5 se ocupa de este tema dentro de un proyecto de desarrollo dado.

De manera similar, la cláusula 4.4 de ISO 9001 requiere que se establezcan los procedimientos para controlar y verificar el diseño e incluye:

- las actividades de planificación, diseño y desarrollo
- la definición de las interfaces organizacionales y técnicas
- identificación de entradas y salidas
- revisión, verificación y validación del plan
- el control de los cambios del diseño

TABLA 12.12
ISO 9001. CLÁUSULAS

Número de cláusula	Temática
4.1	Responsabilidad gerencial
4.2	Sistema de calidad
4.3	Revisión del contrato
4.4	Control del diseño
4.5	Control de documentos y datos
4.6	Adquisición
4.7	Control de productos suministrados por el cliente

Tabla 12.12 (continuación)

Número de cláusula	Temática
4.8	Identificación y rastreo del producto
4.9	Control del proceso
4.10	Inspección y prueba
4.11	Control de la inspección, la medición y el equipamiento de prueba
4.12	Estado de la inspección y la prueba
4.13	Control de productos no satisfactorios
4.14	Acciones correctivas y preventivas
4.15	Manipulación, almacenamiento, embalaje, conservación y entrega
4.16	Registros de control de calidad
4.17	Auditorías de calidad interna
4.18	Entrenamiento
4.19	Servicio
4.20	Técnicas estadísticas

Entonces, ISO 9000-3 mapea estas actividades a un contexto de software (establece la correspondencia entre estas actividades y un contexto de software). La cláusula 5.3 trata sobre la especificación de los requerimientos del comprador, la 5.4 contempla la planificación del desarrollo, la 5.5 la planificación de la calidad, la 5.6 el plan e implementación, la 5.7 se ocupa de la prueba y aceptación y la 6.1 de la gestión de la configuración.

Las normas ISO 9000 se usan para regular la calidad interna y para asegurar la calidad de los proveedores. Típicamente, un contratista subcontratará parte de un sistema, basándose en la certificación ISO 9000 del proveedor. El proceso de certificación tiene un alcance definido y es llevada a cabo por auditores especializados en calidad de sistemas. En el Reino Unido, la certificación ISO 9000 se realiza bajo los auspicios del programa TickIT y existe una guía de TickIT para interpretar y elaborar los conceptos y la aplicación de ISO 9000 (Department of Trade and Industry 1992).

La medición también forma parte de ISO 9000, pero no es tan explícita como en SPICE o CMM. En particular, el fuerte énfasis puesto en el control estadístico del proceso que se encuentra en SPICE y CMM se evita en ISO 9000. Sin embargo, como con las otras estructuras de referencia, puede establecerse fácilmente la correspondencia entre las metas de la estructura y las preguntas y métricas respectivas.

12.6 EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS

Muchos investigadores creen que la calidad de los recursos es un factor mucho más importante en la calidad del producto que cualquier descubrimiento tecnológico que pueda realizarse. Por ejemplo, en DeMarco y Lister (1987) se discute la evidencia de que la creatividad, el tiempo ininterrumpido y la buena comunicación son necesarias; los investigadores argumentan que los equipos cohesivos construyen buenos productos.

De manera similar, los modelos COCOMO de Boehm (1981, 1995) incluyen parámetros que ajustan esfuerzo y estimaciones del cronograma sobre la base de los atributos del personal, como la expe-

riencia. Su investigación original revelaba que las diferencias entre los equipos de alto y bajo desempeño tenían la mayor influencia sobre la productividad del proyecto. Por lo tanto, estos investigadores afirman y recomiendan que el interés se debe enfocar más en las personas y menos en la tecnología.

Al mismo tiempo, el software normalmente se construye en un ambiente comercial. Contamos con recursos como tiempo y dinero y se nos solicita la resolución de un problema de negocios o social. Es necesario evaluar si estamos usando los niveles apropiados de cada recurso (personas, tiempo y fondos). En esta sección, se examinan dos estructuras para evaluar estos tipos de recursos: un modelo de madurez de personas para el plantel y un modelo del retorno sobre la inversión para el tiempo y el dinero.

Modelo de madurez de personas

Es notable que el CMM no se ocupe de problemas que relacionan a las personas y su productividad. Aunque se conoce como un "modelo de capacidad", realmente CMM está diseñado para medir la capacidad del proceso, en lugar de la capacidad de las personas que conforman las organizaciones. Curtis, Hefley y Miller (1995) han tratado de remediar esta omisión proponiendo un **modelo de capacidad de madurez de las personas** para mejorar el conocimiento y habilidades de la fuerza laboral.

Al igual que CMM, el modelo de madurez de personas tiene cinco niveles, donde el nivel 5 es el más deseable. Cada nivel está ligado con prácticas claves que reflejan cómo la cultura organizacional está cambiando y mejorando. La Tabla 12.13 presenta una vista global de estos niveles y prácticas.

TABLA 12.13

MODELO DE CAPACIDAD DE MADUREZ PERSONAL (CURTIS, HEFLEY Y MILLER 1995)

Nivel	Foco	Prácticas claves
5. Optimizable	Mejora continua de las habilidades y el conocimiento	Innovación continua de la fuerza de trabajo Adiestramiento conducido (<i>coaching</i>) Desarrollo de competencias personales
4. Gestionado	Efectividad medida y administrada, equipos de alto desempeño desarrollados	Alineamiento con el desempeño organizacional Gestión de la competencia organizacional Prácticas basadas en el equipo Construcción del equipo Mentor
3. Definido	Competencias basadas en las prácticas de la fuerza de trabajo	Cultura participativa Prácticas basadas en competencias Plan de carrera Desarrollo de competencias Planificación de la fuerza laboral Análisis de habilidades y conocimiento
2. Repetible	La gerencia asume la responsabilidad por la conducción de su personal	Compensación Entrenamiento

Tabla 12.13 (continuación)

Nivel	Foco	Prácticas claves
2. Repetible (cont.)	La gerencia asume la responsabilidad por la conducción de su personal (cont.)	Gestión de desempeño Personal Comunicación Ambiente de trabajo
1. Inicial		

El nivel más bajo representa un punto de partida, con mucho espacio para la mejora. Al nivel inicial, una organización no toma ningún papel activo para desarrollar a las personas que trabajan para ella. La habilidad de la dirección está basada en la experiencia pasada y en las habilidades de comunicación personales, más que en la capacitación formal para la conducción. Se realizan algunas actividades relacionadas con las personas, pero sin ponerlas en el contexto más amplio de la motivación y las metas a largo plazo.

En una organización inmadura, como las de nivel 1, muchos gerentes no reconocen talento del personal como un recurso crítico. Los desarrolladores siguen sus propias metas y hay pocos incentivos para alinear esas metas con las del negocio. El conocimiento y las habilidades se estancan porque los empleados pasan de trabajo en trabajo sin un plan sistemático para su crecimiento.

El nivel 2 es el primer paso hacia la mejora de la fuerza de trabajo. Los gerentes aceptan el crecimiento y desarrollo del personal como una responsabilidad clave, pero sólo si ellos entienden que el desempeño organizacional está limitado por las habilidades de los individuos que la integran. Por lo tanto, el enfoque del nivel repetible consiste en establecer las prácticas básicas de trabajo entre los varios empleados en una unidad u organización dada.

Entre algunas de las prácticas más simples están las que dan soporte para trabajar en un ambiente sin factores de distracción. Se establecen los pasos para mejorar la comunicación y la coordinación, y los gerentes toman la contratación y selección de personal muy en serio. Los gerentes se aseguran de discutir el desempeño del trabajo con el personal y premiarlo cuando es excelente. El entrenamiento se tiene en cuenta para llenar los huecos en las habilidades disponibles y la compensación debe tomar en cuenta la equidad, la motivación y la pertenencia.

Al alcanzar el nivel 3, la organización está empezando a adaptar sus prácticas de trabajo a su negocio. Este nivel de madurez definido empieza creando un plan estratégico para localizar y desarrollar el talento que se necesita. Las necesidades quedan determinadas por el conocimiento y las habilidades requeridas por el negocio, que se consideran como las competencias centrales de la organización. A su vez, el personal es premiado cuando domina las competencias centrales y desarrolla sus habilidades. El empujón de estos cambios es animar al personal para que participe alcanzando las metas de negocio de la compañía.

La conducción juega un importante papel en nivel 4, conocido como nivel dirigido de madurez. No solamente los individuos son impulsados a aprender las habilidades centrales, sino que los equipos se edifican alrededor del conocimiento y las habilidades que se complementan entre sí. Las actividades de construcción del equipo conducen al espíritu de grupo y una alta cohesión, y muchas de las prácticas organizacionales se concentran en la motivación y el desarrollo de los equipos.

A este nivel, la organización fija las metas cuantitativas para el crecimiento de las competencias centrales y el desempeño está motivado a través de los individuos, los equipos y las organizaciones. Se examinan las tendencias para determinar cuán bien estas prácticas están produciendo el aumento de las habilidades críticas. Debido a esta comprensión cuantitativa, las habilidades del personal son predecibles, haciendo la dirección mucho más fácil.

La optimización constituye el quinto y más alto nivel de madurez. Aquí los individuos, los gerentes y la organización entera se enfocan en la mejora del equipo y las habilidades individuales. La organización puede identificar las oportunidades para fortalecer las prácticas del personal y lo hace simplemente, sin esperar un problema o retroceso para reaccionar. Se analizan los datos para determinar las mejoras potenciales del desempeño ya sea cambiando prácticas actuales o intentando nuevas técnicas innovadoras. Estas nuevas prácticas que ofrecen los mejores resultados se implementan a través de toda la organización. En general, una cultura de perfeccionamiento tiene a todos los miembros del personal enfocados en cada aspecto de la mejora: individual, del equipo, del proyecto, de la organización y de la compañía.

Curtis, Hefley y Miller (1995) puntualizan que el modelo de madurez de personas:

- desarrolla las capacidades
- construye equipos y culturas
- motiva y administra el desempeño
- forma la mano de obra

La estructura de valoración no sólo es útil para evaluar una organización dada, sino también para planear los programas de mejora.

Retorno sobre la inversión

En un intento permanente por mejorar el desarrollo del software, se realiza una selección entre los métodos y herramientas recomendados. Normalmente, los recursos limitados restringen la opción; no es posible hacer todo, de modo que se busca un criterio para seleccionar aquello que probablemente más contribuya a satisfacer la meta. Por lo tanto, es necesario analizar de manera inflexible la forma en que los desarrolladores de la ingeniería del software y los gerentes toman las decisiones sobre la inversión en tecnología.

Las publicaciones serias sobre negocios se ocupan a menudo de la problemática de la inversión en tecnología. Por ejemplo, un artículo reciente sugiere que cualquier evaluación de una inversión existente o propuesta en tecnología se informe de varias maneras a la vez, para formar un puntaje equilibrado: desde una visión del cliente (por ejemplo, satisfacción del cliente), una vista operacional (por ejemplo, competencias centrales), una visión financiera (por ejemplo, retorno sobre la inversión, precio de la porción) y una perspectiva de mejora (por ejemplo, liderazgo de mercado y valor agregado) (Kaplan y Norton 1992). En el Cuadro Destacado 12.8 se describen como ejemplo algunos de los retornos sobre inversión en el Chase Manhattan Bank. Favaro y Pfleeger (1997) sugieren que el valor económico puede ser un principio uni-

CUADRO DESTACADO 12.8 RETORNO SOBRE LA INVERSIÓN EN EL CHASE MANHATTAN

En el Capítulo 11 aprendimos acerca del sistema RMS del Chase Manhattan Bank, un sistema de gestión de relaciones que fusionó varios sistemas heredados en uno destinado a proporcionar información sobre los clientes a los empleados de ventas. El nuevo sistema permite que los representantes gasten menos tiempo buscando datos y lo utilicen para tratar de conocer las necesidades del cliente.

El desarrollo de RMS aplicó un nuevo enfoque. Los desarrolladores fueron impulsados a hablar entre sí y con los clientes y la comunicación reforzada condujo a una comprensión mucho mejor de lo que se necesitaba (en algunos casos se necesitaba menos de lo que pensaban los desarrolladores). Se construyeron cinco prototipos diferentes y los datos se organizaron para maximizar la integridad.

Uno de los mayores logros de la inversión en tecnología del Chase fue el incremento de la cohesión del equipo. "El equipo de desarrollo de RMS adhirió a un enfoque democrático para la resolución de problemas. Las prioridades fueron votadas y los miembros del equipo se avenían a lo indicado por la mayoría. Este enfoque a menudo resultaba en un compromiso, pero también desarrolló la colaboración funcional cruzada y la confianza" (Field 1997b).

El proyecto comenzó en 1994 y, hacia fines de 1996, RMS estaba instalado en 700 de las 1.000 sucursales locales del Chase Manhattan para el mercado medio. Pero, aun sin el despliegue completo, el RMS ha incrementado las llamadas de los clientes en un 33 por ciento y mejorado la rentabilidad en un 27 por ciento. Al proteger sus antiguas inversiones e impulsar la comunicación entre sus empleados, el Chase Manhattan ha logrado cuatro cosas importantes:

1. Evitó una inversión enorme en nuevo hardware.
2. Les proporcionó más datos y más rápidamente a sus empleados de servicios.
3. Alcanzó un admirable retorno sobre la inversión.
4. Creó grupos cohesivos que comprenden más acerca del negocio del Chase Manhattan.

Denis O'Leary, vicepresidente ejecutivo y CIO, puntualiza que "el desafío, realmente, es conseguir que los grupos de negocios y de sistemas de información establezcan una alianza alrededor de un socio que dará fortaleza y una estructura técnica robusta" (Field 1997b).

ficador. Es decir, se puede considerar cada alternativa de inversión como un todo, en términos de su valor económico potencial para la compañía. De hecho, la maximización del valor económico puede conducir a los incrementos en la calidad, la satisfacción del cliente y el liderazgo del mercado.

Sin embargo, hay muchas maneras diferentes de capturar el valor económico. Se debe decidir qué enfoque de análisis de inversión es el más apropiado para hacer una decisión de inversión relacionada al software, basada en el valor económico. El análisis de la inversión sólo se preocupa por la mejor manera de asignar capital y recursos humanos. Por lo tanto, es sustancialmente diferente de la estimación de costo o de la métrica; consiste en ponderar varias alternativas, incluso la posibilidad de utilizar los mercados de capital para proporcionar la tasa anual esperada de retorno. En otros términos, desde una perspectiva corporativa de alto nivel, la dirección debe decidir cómo se compara una inversión propuesta en tecnología *versus* permitir que el dinero gane intereses en el banco.

No todo el análisis de inversión refleja esta realidad. Tomando la perspectiva de un analista financiero, Favaro y Pfeeger (1997) contemplan de manera crítica los enfoques usados comúnmente: valor presente neto, reembolso, retorno medio sobre el valor de libro, tasa interna de re-

torno e índice de rentabilidad. Así, muestran que el valor presente neto (VPN) es el que tiene más sentido para evaluar las inversiones relacionadas al software.

El VPN expresa el valor económico en términos de la vida total del proyecto, independientemente de escalas y marcos de tiempo. Dado que la planificación de la inversión involucra el gasto de dinero en el futuro, se puede pensar en el **valor presente** de una inversión como el valor al día de hoy de un flujo previsto de dinero efectivo en el futuro. El cálculo del VPN usa una **tasa de descuento o costo de oportunidad**, que corresponden a la tasa de retorno esperado de una inversión equivalente en los mercados de capital; esta tasa puede cambiar con el tiempo. En otros términos, la tasa de descuento refleja cuánto dinero puede ganar una organización si invierte su dinero en el banco o en un vehículo financiero en lugar de hacerlo en tecnología de software. Hewlett-Packard usó VPN para evaluar la inversión en dos proyectos corporativos plurianuales de reutilización.

El **valor presente neto** es el valor presente de los beneficios menos el valor de la inversión inicial. Por ejemplo, al invertir en una nueva herramienta, una compañía puede gastar dinero por el período de entrenamiento y aprendizaje, así como para adquirir la propia herramienta. El cálculo de VPN sustrae estos costos iniciales de la inversión de los beneficios proyectados.

La regla de aceptación para VPN es simple: invierta en un proyecto si su VPN es mayor que el cero. Para ver cómo trabaja el indicador VPN, se considera la siguiente situación. Una compañía puede crear una nueva línea del producto de dos maneras:

TABLA 12.14
CÁLCULO DEL VALOR NETO PRESENTE PARA DOS ALTERNATIVAS

Flujo de efectivo	COTS	Reutilización
Inversión inicial	-9.000	-4.000
Año 1	5.000	-2.000
Año 2	6.000	2.000
Año 3	7.000	4.500
Año 4	-4.000	6.000
Suma de todos los flujos	5.000	6.500
VPN al 15%	2.200	2.162

1. Basarse en productos de software comercializables (COTS: *commercial-of-the-shelf*). Esta opción involucra un gran costo inicial para la adquisición, seguida por altos ingresos subsiguientes (basados en el trabajo que se evita), pero los productos COTS serán anticuados y deberán reemplazarse en un término de tres años.
2. Construir el producto con un diseño reutilizable. La reutilización produce costos de arranque considerables por el diseño y la documentación, pero los costos a largo plazo son menores que los convencionales.

El cálculo de valor presente neto puede aparecer como se muestra en la Tabla 12.14. La alternativa de COTS tiene VPN ligeramente más altos y por consiguiente se prefiere.

El enfoque del VPN es sensible a la estacionalidad de los flujos de dinero en efectivo; cuanto más tarde se producen los ingresos, más penalizado resulta el valor global. Por lo tanto, el tiempo para comercializar es esencial para el análisis y afecta el resultado. El tamaño o escala de un proyecto también se reflejan en el VPN. Dado que el VPN es aditivo, se pueden evaluar los efectos de conjuntos de proyectos simplemente sumando sus VPN individuales. Por otro lado, las ganancias significativas de una de las tecnologías pueden enmascarar las pérdidas de la inversión en otra; por esta razón, es útil evaluar cada tipo de inversión por separado. En la práctica del mundo real, el VPN no se usa para la evaluación de un proyecto simple, sino en el contexto de una estructura financiera y estratégica más abarcativa (Favaro 1996).

12.7 EJEMPLO SOBRE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN

El sistema de Piccadilly claramente agrega valor a las compañías de la televisión que lo han comisionado. El tiempo de publicidad puede venderse más rápidamente, las tarifas y esquemas pueden cambiarse fácil y rápidamente y pueden adaptarse las ofertas especiales para reaccionar a la competencia. ¿Pero cómo se incorpora este valor agregado? Si los réditos aumentan, entonces puede compararse con el dinero invertido en el desarrollo del sistema. Sin embargo, es posible encontrarse en una situación donde los réditos se mantienen iguales, pero habrían bajado sin tal sistema. Es decir, a veces hay que invertir en tecnología para sostener la posición en el mercado y permanecer viable, no para mejorar la posición.

Estos problemas deben tratarse en un análisis *post mortem*, además de los problemas técnicos descritos en este capítulo. En otros términos, un estudio *post mortem* debe revisar el negocio así como la tecnología, uniéndolos cuando sea apropiado para contestar la pregunta: ¿este sistema es "bueno para el negocio"? La respuesta puede no ser fácil y ciertamente no es fácil cuantificar. A veces se adoptan las nuevas tecnologías no porque sean lo mejor para el trabajo, sino porque los mejores empleados renunciarán si no están especializados en las últimas técnicas o herramientas. Como gerentes, debemos tener presente que los desarrolladores y los especialistas en mantenimiento están motivados por algo más que sus salarios. Les gusta también el desafío constante, el reconocimiento por sus pares y la oportunidad de dominar nuevas habilidades. De manera que el retorno sobre la inversión no sólo involucra retribución monetaria y satisfacción del cliente, sino también la satisfacción del empleado. La inversión en los empleados y equipos también puede ser buena para el negocio.

12.8 EJEMPLO SOBRE TIEMPO REAL

El informe del caso Ariane-5 es un claro ejemplo de análisis *post mortem*. El equipo de investigación siguió un proceso similar al recomendado por Collier, DeMarco y Fearey (1996) y se concentró en la necesidad obvia de determinar lo que causó el defecto que finalmente hiciera explotar el

cohere. El informe evitó reproches y quejas; en cambio, detalló los diversos pasos que podrían haberse tomado durante el desarrollo, que habrían puesto de manifiesto el problema: revisión de los requerimientos, estrategias de diseño, técnicas de prueba, simulación, etc.

El próximo paso no está documentado en el informe: la utilización de las recomendaciones del informe para cambiar la manera en que se diseñe, se construya y se pruebe el próximo cohe- te. Como se verá en el Capítulo 13, se pueden comparar los datos *post mortem* de Ariane-5 con los de cohetes posteriores para determinar si se ha hecho alguna mejora. La mejora es un proceso continuo, por lo que es probable que se elabore una historia a partir de una serie de informes *post mortem*; cuando se resuelve un problema, se encara el próximo asunto más crítico hasta que la mayoría de los desafíos principales se hayan superado.

12.9 APORTES DEL CAPÍTULO PARA EL LECTOR

En este capítulo, se han contemplado diversas maneras de evaluar productos, procesos y recursos. Comienza repasando distintos enfoques de la evaluación, incluidos el análisis de características, estudios, estudios de caso y experimentos formales. Se ha visto que la medida es esencial para cualquier evaluación y que es importante entender la diferencia entre la valoración y la predicción. Luego, se analiza cómo validar las medidas; es decir, es necesario asegurar que se está midiendo lo que se pretende medir y que las predicciones son exactas.

La evaluación del producto normalmente está basada en un modelo del atributo de interés. Se analizaron tres modelos de calidad, para ver cómo encaraban los aspectos particulares sobre la manera en que las diferentes facetas se combinan para formar un todo. Luego, se contempla la reutilización del software, destacando los problemas que surgen cuando se debe evaluar un componente como candidato para la reutilización.

La evaluación del proceso puede hacerse de muchas maneras. El análisis *post mortem* es una vista retrospectiva a los procesos completados para evaluar la causa raíz de los malos resultados. Los modelos del proceso, como el modelo de madurez de capacidad, SPICE e ISO 9000, son útiles para formular las preguntas acerca del control y la realimentación que existen sobre los procesos utilizados.

El CMM ha inspirado un variado conjunto de otros modelos de madurez, entre los que se incluye un modelo de madurez de personas para evaluar el grado en el que los individuos y los equipos de desarrollo se les asignan los recursos y la libertad que necesitan para desempeñarse mejor. También hay otros recursos invertidos en los proyectos, incluidos dinero y tiempo. Las estrategias del retorno sobre la inversión ayudan a entender si el negocio se beneficia a partir de la inversión en personas, herramientas y tecnología.

12.10 APORTES DEL CAPÍTULO PARA EL EQUIPO DE DESARROLLO

Muchos de los modelos de valoración discutidos en este capítulo están enfocados sobre la interacción del equipo. El modelo de madurez del proceso, monitorea la coordinación y la comunicación del equipo, impulsando la realimentación mensurable de una actividad del proceso a otra.